

MANEJO INTEGRAL DE CUBIERTAS VEGETALES Y ESTRATEGIAS DE RIEGO DEFICITARIO *en el almendro*

La capacidad del almendro para desarrollarse en escenarios de escasez de agua y bajos *inputs* son factores claves que deben ser considerados bajo escenarios de cambio climático. Este trabajo evalúa la respuesta fisiológica y productiva de almendros, cultivados bajo diferentes estrategias de riego y manejo de suelos durante tres campañas, con objeto de poder evaluar su potencial cuando se desarrolla bajo estrategias de riego deficitario controlado y presencia de cubiertas vegetales.

I.F. GARCÍA-TEJERO¹, J.F. HERENCIA-GALÁN¹, A.E. RUBIO-CASAL², B. CÁRCELES RODRÍGUEZ³,
M. RIVAS-VALVERDE¹, J. ALDANA¹, V.H. DURÁN-ZUAZO³

¹ IFAPA Centro "Las Torres". Sevilla

² Departamento de Ecología y Biología Vegetal. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad de Sevilla

³ IFAPA Centro "Camino de Purchil". Granada





El cultivo del almendro (*Prunus dulcis* Mill.) tiene una presencia significativa en España, con alrededor de 760.000 ha en la actualidad, de las que 170.000 ha se encuentran en Andalucía, el 85% de las mismas en secano, y el resto de las plantaciones, en su mayoría son regadas de manera limitada (ESYRCE, 2022).

Uno de los principales desafíos a los que se enfrenta este cultivo es la cada vez menor disponibilidad de agua, generándose escenarios de estrés hídrico cada vez más complejos, que se traducen, por lo general, en una disminución en la producción, y en muchos casos viéndose comprometida la viabilidad del cultivo a medio y largo plazo.

En este contexto, el almendro se posiciona como una buena alternativa ante escenarios de escasez de agua, debido a su tolerancia y positiva respuesta a la aplicación de estrategias de riego deficitario (RD) (García-Tejero *et al.*, 2020; Moldero *et al.*, 2021; Mirás-Ávalos *et al.*, 2023), con escasas reducciones en producción cuando estas estrategias se aplican por un tiempo limitado y de manera controlada.

Recientemente, y fruto de la apro-

bación de la última PAC 2023-2027, ha surgido un interés creciente en la gestión óptima de las cubiertas vegetales (CV) en cultivos leñosos, como requisito para la incorporación de los sistemas productivos a alguno de los eco-regímenes (ER) considerados en la última reforma de la política agraria europea.

Para alcanzar el éxito en el manejo de una CV es fundamental la selección de ésta y los objetivos perseguidos con su incorporación. Sin embargo, la interacción de las CV con estrategias de RD puede suponer un desafío importante ya que éstas podrían llegar a competir por los recursos hídricos disponibles en el suelo, induciendo un mayor nivel de estrés al que ya soporta el cultivo debido a la falta de agua.

Este trabajo nace con el objetivo de estudiar los efectos del riego y el uso de cubiertas vegetales, caracterizando la respuesta ecofisiológica y productiva de almendros adultos bajo prácticas de agricultura convencional.

Material y métodos

- Localización y características de la parcela experimental

El trabajo se llevó a cabo durante tres campañas consecutivas (2021-

FIGURA 1
Vista general de la parcela experimental con almendros cv. Lauranne

2023), en una parcela experimental de almendros (*Prunus dulcis* Mill. cv. Lauranne) sobre patrón GN15, localizada en el Centro “Las Torres”, perteneciente al Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA), cuyas coordenadas son: 37° 30' 38,55" N; 05° 57' 44,98" W (**Figura 1**).

Los árboles están espaciados 6x7 m con riego localizado, utilizando dos tuberías con emisores de 2,3 l/h a intervalos de 0,75 m. El suelo de las parcelas experimentales es un *Fluvisol* típico de textura franco-arcillosa, con más de 2,5 m de profundidad, fértil; y con una capacidad de campo y punto de marchitez permanente de 0,42 y 0,17 m³/m³ respectivamente.

La climatología en el área de estudio es meso-mediterránea, con una tasa de ET₀ anual de 1.400 mm y una precipitación anual de 540 mm, distribuida principalmente de octubre a abril, siendo los meses de junio a agosto cuando se alcanzan las tasas más altas de evapotranspiración.

- Tratamientos de riego y sistemas de manejo de suelo

Durante el período experimental se llevaron a cabo dos estrategias de riego: i) un tratamiento de riego que recibió durante toda la campaña el 100% de las necesidades de riego (NN.RR.) (Control); ii) y un tratamiento de riego deficitario (RD), que recibió el 80% de las NN.RR. durante el período de crecimiento vegetativo (de marzo a mayo) (P_I) y en postcosecha (mediados de agosto hasta finales de octubre, coincidiendo con el comienzo de las lluvias de otoño) (P_{III}); y un 40% de las NN.RR. durante la etapa de llenado del grano (de junio hasta justo antes de la cosecha) (P_{II}).

En cuanto al manejo del suelo, se establecieron dos estrategias diferentes (Figura 2): i) sin cubierta (SC) evitando la presencia de hierbas mediante pases de grada en los meses de otoño e invierno, y aplicación de herbicida para el control de nascencia; ii) cubierta vegetal (CV); de forma que a finales de octubre – inicio de noviembre, se realizaba una siembra controlada de una CV compuesta por una mezcla de leguminosas y cereales (75% *Vicia sativa* L. + 25% *Avena sativa* L.); siendo dicha cubierta conservada hasta inicios - mediados de abril, momento en el que se realizaba una siega mecánica, manteniendo los restos de la cosecha a modo de *mulching*; y una aplicación posterior de herbicida para evitar la re-brotación de la misma.

- Monitorización del estado hídrico y producción final

Con una periodicidad quincenal, se realizó un seguimiento del potencial hídrico del tallo (Ψ_{tallo}) al mediodía hora solar, comenzando dichas medidas a mediados de abril y finalizando tras la cosecha. Dichas medidas se realizaron mediante una cámara de presión tipo Scholander en hojas sanas, sombreadas, y que fueron previamente cubiertas con una bolsa de aluminio al menos durante 60 min antes de que se procediera con la medida, para alcanzar un equilibrio entre el Ψ_{hoja} con el Ψ_{tallo} . Al finalizar cada una de las campañas, se midió la producción en



FIGURA 2
Sistemas de manejo de suelo estudiados. A) Parcelas sin cubierta vegetal, B) y C) parcelas con cubierta vegetal antes y después de la siega a modo de *mulching*

I N F O R M E

TABLA 1
Evapotranspiración del cultivo, precipitaciones y dosis de riego aplicado en cada tratamiento.

	2021				2022				2023			
	P _I	P _{II}	P _{III}	TOTAL	P _I	P _{II}	P _{III}	TOTAL	P _I	P _{II}	P _{III}	TOTAL
(mm)												
ETC	224	408	140	772	190	413	215	818	278	375	167	820
LLUVIA	198	3	79	280	164	2	73	239	107	25	37	169
CONTROL	116	397	118	631	96	355	155	606	184	313	128	625
RD	73	156	79	308	67	142	93	302	144	124	104	362

ET_c, evapotranspiración del cultivo; Control, tratamiento control regado al 100% de sus necesidades; RD, riego deficitario; P_I, P_{II} and P_{III} corresponden con el periodo de crecimiento vegetativo, llenado de grano y postcosecha, respectivamente.

los diferentes tratamientos estudiados para poder definir los posibles efectos del manejo en la productividad del cultivo.

Resultados y discusión

La **Tabla 1** muestra los valores de evapotranspiración del cultivo (ET_c), lluvia, y dosis de riego aplicadas en el Control y RD durante los tres principales periodos fenológicos del cultivo en las tres campañas estudiadas.

En general, durante las tres campañas RD recibió aproximadamente el 50% de la cantidad de agua aplicada en el Control. Analizando los efectos del RD y la presencia de CV en términos de producción (**Tabla 2**), durante la primera y segunda campaña, se observaron diferencias significativas como resultado de los tratamientos de riego impuestos, con reducciones en la producción de 27 y 21% en 2021 y 2022, respectivamente. Por el contrario, durante el tercer año, las diferencias entre los tratamientos de riego no fueron apreciables, si bien se observó una reducción generalizada en ambos tratamientos en los valores de producción, en comparación con

los registrados durante la campaña anterior. En cuanto a los efectos del manejo del suelo, teniendo en cuenta el conjunto de los datos, no se observaron diferencias claras como respuesta a la presencia/ausencia de la CV, lo que pondría de manifiesto la ausencia de complicaciones, siempre y cuando el manejo de la CV fuera el adecuado y se efectuase la siega antes del inicio del periodo de máxima competencia con el cultivo principal. Considerando la interacción de los efectos, durante la primera campaña de estudio los mejores resultados se alcanzaron bajo las condiciones Control_CV, seguidas de C_SC y RD_SC, mientras que los valores más bajos se registraron bajo RD_CV. Algo parecido se observó en las campañas siguientes, aunque sin evidenciarse diferencias significativas. Esto es, de acuerdo con los resultados obtenidos la tendencia observada fue a una mejora en los valores de producción en el Control en combinación con la CV y posterior siega dejando los restos a modo de *mulching*. Sin embargo, en el caso de los tratamientos sometidos a RD, la presencia de CV pareció afectar, aunque no de mane-

ra significativa, en comparación con este mismo tratamiento de riego, pero bajo las condiciones de suelo desnudo. Estos resultados estarían justificando la posibilidad de que, en situaciones deficitarias, la presencia de una CV debería hacerse de forma más controlada si cabe, e incluso adelantando la fecha de siega, ya que estas ligeras reducciones en producción estarían debidas a una competencia incipiente entre la CV y el cultivo principal por las reservas de agua almacenadas en el perfil del suelo.

Los datos de producción obtenidos en el presente estudio estuvieron además en consonancia con los datos medios de Ψ_{tallo} obtenidos en las cuatro combinaciones estudiadas (**Figura 3**). Así, durante el año 2021, las principales diferencias encontradas en los valores de Ψ_{tallo} fueron localizadas durante el periodo de llenado de grano, entre los sistemas regados al 100% de las NN.RR. y los sistemas bajo RD, sin diferencias aparentes debidas a la presencia/ausencia de la CV.

Durante el segundo año de estudio, dichas diferencias estuvieron presentes en los tres periodos fenológicos,

TABLA 2
Efectos del riego y cubierta vegetal en la producción de almendras cv. Lauranne durante el periodo de estudio

FACTOR	R		MS		R X MS			
	C	RD	CV	SC	C_CV	C_SC	RD_CV	RD_SC
(kg/ha)								
2021	1.299a	946b	1.130a	1.115a	1.418a	1.180b	843c	1.050b
2022	2.386a	1.883b	2.147a	2.095a	2.522a	2.249a	1.826b	1.940b
2023	1.431a	1.388a	1.404a	1.415a	1.479a	1.383a	1.328a	1.447a

R, dosis de riego; MS, manejo de suelo; C, riego control; RD, riego deficitario; CV, cubierta vegetal; SC, sin cubierta. Diferentes letras evidencian diferencias significativas (p < 0,05) dentro de cada factor.

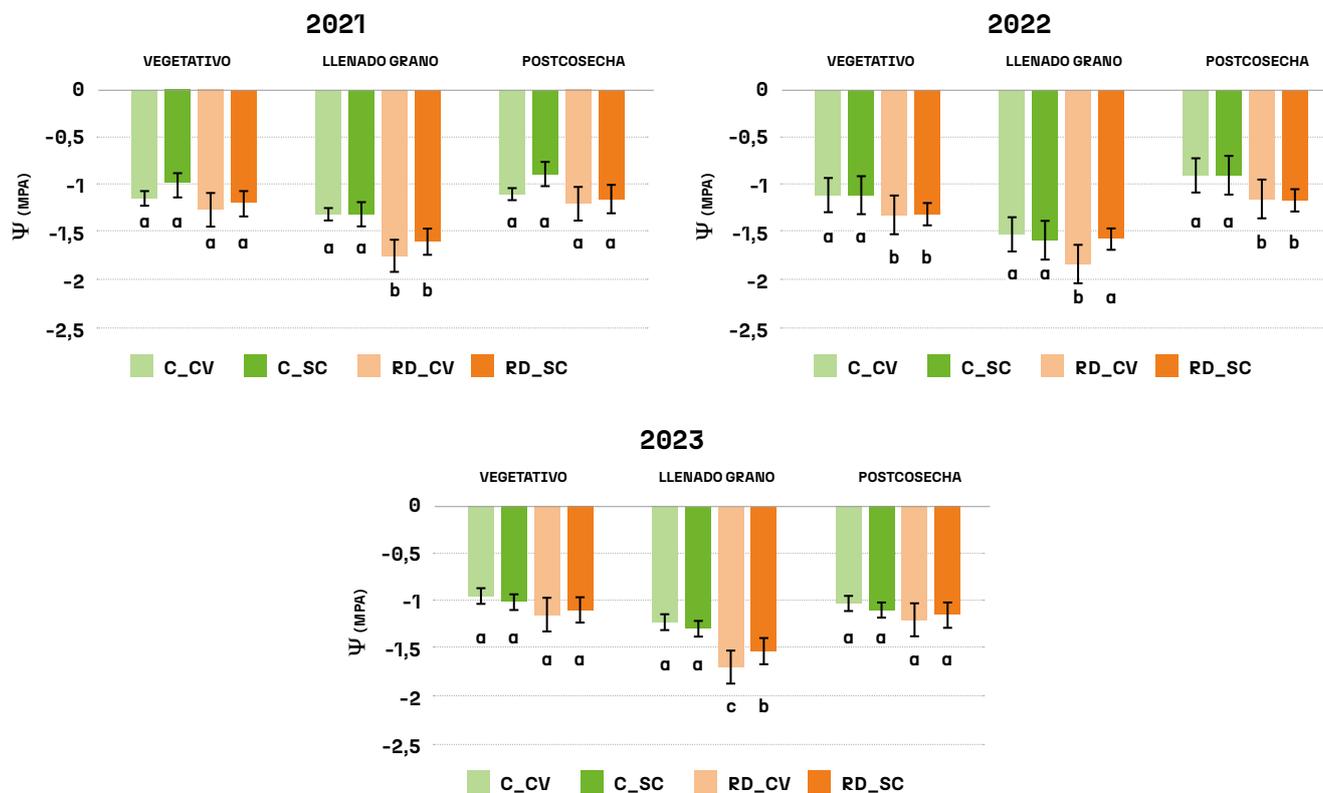


FIGURA 3
Valores medios de Ψ_{tallo} en cada tratamiento, durante las tres campañas y en los tres periodos fenológicos considerados

registrándose además valores de Ψ_{tallo} especialmente negativos en los cuatro tratamientos estudiados; aunque de nuevo, las principales diferencias se debieron a la dosis de riego aplicada y no a la presencia/ausencia de CV.

Finalmente, durante la tercera campaña de estudio, y tal y como había ocurrido en las anteriores, fue durante el periodo de llenado de grano cuando se localizaron las diferencias más claras, fundamentalmente debidas al tratamiento de riego, aunque en este caso, sí que se pudo observar un grado de estrés hídrico superior en los árboles bajo RD y CV.

En cuanto a los efectos de la presencia y manejo óptimo de una CV en cultivos leñosos, cuando éstos se desarrollan en escenarios de RD, es fundamental poder cuantificar los efectos finales en producción, no sólo para poder definir las estrategias futuras de RD, sino para poder establecer los protocolos adecuados de manejo del suelo acor-

des con las nuevas estrategias de la PAC y la incorporación de los nuevos eco-regímenes (MAPA, 2023).

Existe en este momento una gran demanda por parte de técnicos y productores relativas a ensayos y recomendaciones que permitan alcanzar un equilibrio entre la introducción de CV para mejorar la salud química, física y biológica del suelo; además de la integración de medidas de mitigación del cambio climático (orientadas a la fijación de CO_2), con la gestión de recursos hídricos limitados mediante estrategias de RD (adaptación al cambio climático).

Bajo esta lógica, es necesario seguir avanzando en los manejos de CV más adecuados, principalmente cuando se aplican estrategias de RD (Rubio-Asensio *et al.* 2022), siendo en este caso necesario encontrar un equilibrio óptimo entre la conservación de la CV y la competencia por los recursos hídricos con el cultivo principal. En el caso

particular de los resultados obtenidos en este trabajo de investigación, existen suficientes indicios para poder concluir que la presencia de una CV durante los meses de otoño e invierno, hasta inicios de la primavera siguiente no afecta sustancialmente la producción de almendras, mejorándose incluso otros parámetros relacionados con la actividad microbiológica del suelo, el contenido en materia orgánica o su capacidad para fijar CO_2 atmosférico; tal y como se ha podido comprobar en trabajo recientes (datos no publicados). Comprender los mecanismos eco-fisiológicos del cultivo del almendro en respuesta a la escasez de agua o la presencia/ausencia de un cultivo secundario (cubierta vegetal) que pueda entrar en competencia por los recursos hídricos con éste, es fundamental para poder corregir posibles estrategias fallidas, seleccionar la variedad más adecuada o decidir el momento óptimo para la siega de la cubierta. En

nuestro caso, los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación no permiten concluir la existencia de posibles efectos negativos derivados de la competencia entre la cubierta vegetal y el cultivo principal, al menos si nos ceñimos a las medidas de Ψ_{tallo} en los tres periodos fenológicos considerados.

Agradecimientos

Este trabajo de investigación se ha desarrollado en el marco del Proyecto PR.AVA23.INV202301.004 - Proyecto NutResilience - Estrategias para mejorar la adaptación del cultivo del almendro a diferentes escenarios de escasez de agua y sistemas de manejo, cofinanciado con Fondos FEDER 2021-2027.

Bibliografía

ESYRCE 2022. Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos. <https://www.mapa.gob.es/es/estadis->

tica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/esyrce/

García-Tejero et al. 2020. Deficit irrigation and its implications for HydroSustainable almond production. *Agron. 10*, 1632.

MAPA 2023. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Plan Estratégico PAC España 2023-2027. Resumen Plan aprobado por la Comisión Europea. <https://www.mapa.gob.es/es/pac/pac-2023-2027/divulgacion-del-plan.aspx>

Mirás-Ávalos et al. 2023. Quantitative analysis of almond yield response to irrigation regimes in Mediterranean Spain. *Agric. Water Manag.* 279, 108208.

Moldero et al. 2021. Almond responses to a single season of severe irrigation water restrictions. *Irrig. Sci.* 40, 1-11.

Rubio-Asensio et al. 2022. Effects of cover crops and drip fertigation regime in a young almond agroecosystem. *Agron. 12*, 2606.

A MODO DE CONCLUSIÓN

A pesar de que las diferencias significativas en términos de producción, una estrategia de RD basada en recortes de agua moderados (20%) durante el periodo vegetativo y postcosecha y severos (60%) durante el periodo de llenado de grano ($\sim 3.000 \text{ m}^3/\text{ha}$) permite obtener producciones bastante asumibles por el agricultor, sobre todo ante escenarios de escasez de agua. Por otra parte, la presencia de cubiertas vegetales, manejadas de acuerdo con la metodología propuesta en este trabajo no provoca efectos ni en la producción de almendras ni en el estado fisiológico del cultivo, evidenciando por lo tanto que la presencia de las mismas puede favorecer la interacción de estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático, con valores de producción sostenibles para el agricultor.

SERIE RIEGOS Y AGUAS

DISEÑO AGRONÓMICO E HIDRÁULICO DE RIEGOS AGRÍCOLAS A PRESIÓN

Miguel Ángel Monge Redondo

2ª edición

45€

